

2. Романова Е. В., Орлов А. Ю. Возможности использования тепловых насосов в процессе сушки // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2008. № 3. С. 591–596.
3. Низамутдинов Р. Ж., Низамутдинова Н. С. Применение тепловых насосов в сельском хозяйстве // Достижения науки – агропромышленному производству: материалы ЛП международной научно-технической конференции. Челябинск, 2014. № 5. С. 35 – 39.
4. Лабораторный стенд ГалСэн – Тепловой насос [Электронный ресурс]. URL: <http://galsen.ru/catalog> (дата обращения 02.11.2015)
5. Рей Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. М. Макмайл. М. : Энергоатомиздат, 1982. 224 с.
6. Wood chip drying with an absorption heat pump / B. Le Lostec [et al.] // Energy. – 2008. – V. 33. – P. 500–512.
7. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов : учебник для вузов / А. С. Гинзбург. – М. : Энергия, 1973. – 528 с.
8. Гришин М. А. Установки для сушки пищевых продуктов: монография / М. А. Гришин, В. И. Атаназевич, Ю. Г. Семенов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 215 с.
9. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие. – Челябинск : ЧГАА, 2013. С. 280.
10. Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S. Increasing power supply efficiency by using renewable sources // IEEE Conference Publications: 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). 2016. P. 1–4.

УДК 621.039

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ КСЕНОНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

MATHEMATICAL MODELING OF EXCITATION AND SUPPRESSION OF XENON OSCILLATIONS

Демьянов С. А., Кораблев С. А., Чижова Е. С., Семенов В. К.
Ивановский государственный энергетический университет,
г. Иваново, demianovsergey@mail.ru

Demianov S. A., Korablev S. A., Chizhova E. S., Semenov V. K.
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

Аннотация: В рамках нелинейной математической модели двухточечного реактора на основе численных экспериментов решается задача возбуждения и подавления аксиальных ксеноновых колебаний.

Abstract: Within the framework of the non-linear mathematical model of a two-point reactor based on generalized experiments on actions and suppression of axial xenon oscillations.

Ключевые слова: ксеноновые колебания; математическое моделирование; устойчивость реактора; подавление колебаний.

Key words: xenon oscillations, mathematical modeling, reactor stability, vibration suppression.

В больших ядерных реакторах, работающих при высокой плотности потока нейтронов, может возникнуть весьма опасный эффект – появление ксеноновых колебаний и волн. Это явление связано с положительной обратной связью реактивности реактора по ксеноновой составляющей. Если в какой-то области активной зоны реактора возникнет флуктуация, приводящая к росту нейтронного потока, то это приведет к дополнительному выгоранию ксенона и дальнейшему росту нейтронного потока и локального энерговыделения. Если эту флуктуацию не подавить, то процесс будет развиваться, что может привести к тяжелой аварии, связанной с повреждением тепловыделяющих элементов из-за превышения в них пределов линейной и объемной тепловых нагрузок.

Для численных экспериментов по исследованию ксеноновых колебаний предложена модель, позволяющая снять ограничения теории возмущений и рассматривать задачу в её нелинейной постановке. Для этого реактор разделяется на две половины (верхнюю и нижнюю), обмен потоками нейтронов, между которыми осуществляется за счет диффузии нейтронов из одной половины в другую. Возбуждение ксеноновых колебаний в реакторах моделируется за счет возмущения одной из половин введением в нее реактивности регулирующей группой СУЗ, а подавление введенной

реактивности моделируется борным регулированием, действующим на обе половины реактора. Поскольку рассматриваются медленные переходные процессы, запаздывающие нейтроны на них влияния не оказывают, и их можно не принимать во внимание. В данном случае шесть групп запаздывающих нейтронов представлены одной эквивалентной группой. Эффект саморегулирования реактора учитывается отрицательной обратной связью по температуре топлива и теплоносителя. Моделирование позволяет определить характер и период колебаний, выбег мощности, перегрев активной зоны и значение аксиального офсета.

В работе предлагается методика подавления ксеноновых колебаний. Суть ее состоит в том, что в рамках рассматриваемой математической модели кривая зависимости реактивности от времени по методу наименьших квадратов аппроксимируется соответствующей аналитической функцией, на основе которой разработана программа подавления ксеноновых колебаний.

УДК 621.314(075.8)

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОР ДЛЯ СЕТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

HYDRODYNAMIC HEAT GENERATOR FOR THE DISTRICT HEATING NETWORK

Дерябина Е. М., Попов А. И.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
sveropov@rambler.ru

Deryabina E. M., Popov A. I.
Ural Federal University, Ekaterinburg